

**Aldo Jean Soares Silva**  
Faculdade de Educação  
Tecnológica de Teresina/Bolsista  
IC-CNPq, Av. Duque de Caxias,  
5650 - Buenos Aires - Teresina -  
PI, CEP: 64006-220  
aldojean@bol.com.br

**Aderson Soares de Andrade  
Júnior**  
Pesquisador da Embrapa Meio-  
Norte, Av. Duque de Caxias, 5650  
- Buenos Aires - Teresina - PI,  
CEP: 64006-220 - Fone: (86)  
3225.1141  
aderson@cpamn.embrapa.br

**Fábio Ricardo Marin**  
Pesquisador da Embrapa  
Informática Agropecuária, Av.  
André Tosello, 209 – Barão  
Geraldo – Caixa Postal 6041 –  
13083-886 – Campinas – SP –  
Fone: (19) 3789-5700  
marin@cnptia.embrapa.br

## Arquitetura para plataforma de coleta e disseminação de dados climáticos no estado do Piauí

### Resumo

No Estado do Piauí, os recursos hídricos são favoráveis à exploração agrícola sob irrigação, mas é necessário dispor de informações básicas para possibilitar seu manejo de forma adequada. A arquitetura em questão relata sobre como acessar as informações climáticas de diferentes pontos do Estado e concentrá-las em uma estrutura computacional adequada, através de um conjunto de soluções tecnológicas que englobam sistemas para a Internet e estações agrometeorológicas automáticas.

**Palavras-chave:** *Sistemas de gestão e suporte à decisã., Integração de sistemas e tecnologia. Aquisição e gerenciamento de dados. Tecnologias e aplicações baseadas na internet.*

### Abstract

In Piauí State, Brazil, the water resources are favorable for agriculture under irrigation. However it is necessary to dispose of basic information to make possible its handling in an adequate way. This architecture empathizes how to access climatic information from different points of the State and how to concentrate them in an adequate computational structure. It also uses a set of technological solutions that includes Internet based systems and automatic climatic stations.

**Keywords:** *Management and decision support systems. Integration of technology and systems. Data management. Web based systems.*

## 1 Introdução

A água é um recurso natural limitado e o seu uso no setor agrícola tem ocorrido com restrições cada vez mais elevadas. Neste sentido, qualquer proposta para um cultivo irrigado deve ser acompanhada de um criterioso dimensionamento e manejo da água de irrigação a fim de se identificar, com precisão, o momento e a quantidade de água a ser aplicada às plantas.

No Estado do Piauí, os recursos hídricos apresentam elevada disponibilidade superficial e subterrânea. As águas superficiais estão quase totalmente inseridas na bacia do Rio Parnaíba, com uma área total de 330.400 km<sup>2</sup>. Em termos de bacias secundárias, formadoras da bacia do rio Parnaíba, destaca-se a do rio Gurguéia, com área de 49.800 km<sup>2</sup>, como sendo a mais explorada e indicada às atividades agrícolas. A bacia produz cerca de 600 milhões de m<sup>3</sup>/ano. A água subterrânea é extremamente abundante, com qualidade para irrigação e abastecimento (EMBRAPA, 1989).

Apesar das características de recursos hídricos serem extremamente favoráveis à exploração agrícola sob irrigação, as principais áreas irrigadas da região Meio-Norte não dispõem de informações básicas para possibilitar um manejo adequado de irrigação. Portanto, faz-se necessário a realização de pesquisas para a determinação do consumo de água pelas plantas em suas diversas fases de desenvolvimento, bem como o monitoramento climático para a estimativa da evapotranspiração de referência (EMBRAPA, 2006).

O contínuo progresso no desenvolvimento técnico de sensores agrometeorológicos tem sido proporcional aos avanços no desenvolvimento de componentes eletrônicos, muito mais precisos e com menor custo, usados na quantificação dos vários componentes do sistema solo – água – planta – atmosfera, o qual se constitui em um dos mais importantes fatores do processo de tomada de decisão na agricultura irrigada. Um exemplo disso é o uso cada vez maior de estações climatológicas automáticas como uma ferramenta essencial na estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em escala contínua de tempo (CAMPBELL SCIENTIFIC INC., 1993; ELLIOT et al., 1994; MUHAMMAD et al., 1997; SOUSA & PEREIRA, 1999), permitindo a implantação de um sistema de monitoramento climático para manejo de irrigação em tempo real.

Os sistemas de manejo de irrigação baseados em informações climáticas têm sido preconizados e desenvolvidos em diversas regiões do mundo, usando diferentes níveis de sofisticação, no que diz respeito à sua formação e disseminação aos irrigantes. A título de ilustração podem ser citados o “California Management Information System” (CIMIS), usado na Califórnia, EUA (CRADDOCK, 1990); o “Videotel System”, aplicado em várias regiões da Itália (GIANNERINI, 1995).

O monitoramento climático para manejo de irrigação em tempo real é baseado em duas premissas: i) é a rede de estações agrometeorológicas automáticas, que já se encontram instaladas e em funcionamento. Com estas estações é possível coletar os dados climáticos nas diferentes regiões do Estado; ii) é o produto de *software* que foi gerado para manipular tais dados. Seus objetivos principais serão: coleta, tratamento, organização, integração e disseminação dos dados meteorológicos. O objetivo deste trabalho é mostrar como foi definida a estrutura da plataforma de coleta de dados, abordando tanto a parte física do projeto, quanto a parte de *software*, ou seja, informar como foi definida a maneira como os dados são enviados e recebidos, e como eles deverão ser manipulados para que se tenha real aproveitamento dessa plataforma de comunicação.

## 2 Materiais e métodos

De acordo com Garlan (1995), arquitetura de *software* é a estrutura dos componentes de um programa/sistema, seus inter-relacionamentos, princípios e diretrizes guiando o projeto e evolução ao longo do tempo. A arquitetura proposta foi modelada a partir da necessidade de se criar um repositório de dados agrometeorológicos que são coletados com o uso de sensores climáticos, instalados em estações automáticas situadas em alguns municípios do Estado do Piauí (Tab. 1). A arquitetura propõe uma estrutura de rede que disponha de: i) o uso de estações climáticas conectadas a um computador através de rede de telefonia; ii) um computador com o sistema operacional *Windows* (terminal *Windows*) para realizar as chamadas às estações e efetuar a coleta dos dados e; iii) um servidor de dados para manter o serviço de acesso aos dados para usuários conectados à Internet.

**Tabela 1:** Municípios que possuem estações agrometeorológicas.

Município	Latitude	Longitude
Alvorada do Gurguéia	-08° 25' 28"	43° 46' 38"
Guadalupe	-06° 47' 13"	43° 34' 09"
Parnaíba	-02° 54' 17"	41° 46' 36"
Santa Rosa do Piauí	-06° 47' 57"	42° 17' 17"
Teresina	-05° 05' 21"	42° 48' 07"

Fonte: Campos e Figueiredo, 2003

As estações agrometeorológicas fornecem dados para o servidor de 30 em 30 minutos. Esses dados são simultaneamente disponibilizados aos usuários por meio da Internet.

No terminal *Windows* foram instalados os *softwares* dos fabricantes das estações agrometeorológicas, que têm como objetivo a conexão com estes equipamentos que estão em campo. O computador utilizado para a conexão às estações agrometeorológicas possui o sistema operacional que foi utilizado como sistema de base para o desenvolvimento e execução dos *softwares* dos fabricantes. No caso da Embrapa Meio-Norte, utiliza-se versões destes *softwares* que foram implementadas para o Sistema Operacional *Windows*, logo que, já existem versões destes *softwares* para Linux.

A linguagem PHP foi escolhida pela sua ótima integração com o gerenciador de banco de dados MySQL, este, por sua vez, presente em muitas das aplicações para Internet utilizadas na Embrapa Meio-Norte e em outras Unidades da Empresa. O PHP (um acrônimo recursivo para "PHP: Hypertext Preprocessor") é uma linguagem de script Open Source de uso geral, muito utilizada especialmente para o desenvolvimento de aplicações Web, sendo que, possivelmente, a mais forte e mais significativa característica do PHP seja seu suporte a uma ampla variedade de sistemas gerenciadores de bancos de dados (PHP GROUP, 2008).

O *software* MySQL foi definido como repositório de dados para a execução deste projeto e é um servidor robusto de bancos de dados SQL (Structured Query Language - Linguagem Estruturada de Consultas) muito rápido, multitarefa e multiusuário, que pode ser usado em sistemas de produção com alta carga e missão crítica (MYSQL AB, 2006). Outro elemento importante nesta arquitetura é o servidor de dados que se trata de um sistema de computação que fornece serviços a uma rede de computadores (WIKIPÉDIA, 2008), no qual possui um domínio na Internet (www.cpamn.embrapa.br) e que provê o acesso ao repositório de dados armazenados em um SGBD (Sistema Gerenciador de Bancos de Dados). Neste caso específico, com o uso do MySQL, foi possível compor a base dados climáticos do Estado do Piauí.

Foram utilizados, tanto o banco de dados MySQL, quanto o *software* em PHP, tendo como plataforma de funcionamento o sistema operacional FreeBSD. As principais vantagens que contribuíram para o uso do FreeBSD foram: i) ser ideal para aplicações Internet ou Intranet; ii) fornecer serviços de rede robustos sob as

mais pesadas cargas e; iii) possuir alto controle de concorrência, pois utiliza memória eficientemente para manter bons tempos de resposta para milhares de processos simultâneos do usuário (FREEBSD FOUNDATION, 2008).

Desenvolveu-se um *script* em PHP, que é requisitado por meio de *softwares* dos fabricantes imediatamente após a coleta de dados das estações climáticas, que realiza a conexão com o banco de dados no servidor, acessa um diretório pré-definido do disco rígido no terminal *Windows*, abre o arquivo que foi resultado da última conexão entre este terminal e uma determinada estação meteorológica, e realiza a inserção dos dados deste arquivo no banco de dados climáticos que encontra-se no servidor.

Os dados utilizados para preencher o repositório de dados climáticos são captados de maneira direta pelo terminal *Windows*. Este possui os *softwares* dos fabricantes, que foram desenvolvidos para realizar a comunicação direta com as estações meteorológicas, a rede telefônica e a placa de fax-modem. Entretanto, ressalta-se que a configuração do *software* deve estar adequada a cada estação meteorológica, de acordo com a documentação do produto, para que haja sucesso nessas conexões.

Para a realização da inserção dos dados do terminal *Windows* para o banco de dados MySQL, buscou-se desenvolver métodos de programação estruturada, utilizando linguagem PHP. Pretende-se, ainda no decorrer da pesquisa, fazer com que o código desta comunicação seja reestruturado e implementado com o paradigma de orientação a objetos (DEITEL, 2003), para que, além de funcional, ele possa ser reutilizável, modular e expansível.

A qualidade da arquitetura apresentada está totalmente associada ao formato original dos dados que são gerados pelos *softwares* dos fabricantes e o formato das informações que são apresentadas aos usuários após a finalização do ciclo de vida do *software*. Os arquivos gerados, após o processo de comunicação entre o terminal e as estações, são do tipo “.dat”, que são arquivos de texto com dados separados por vírgula e, em geral, não possuem uma estética viável para análise de seu conteúdo, nem permitem uma boa manipulação (Fig. 1).

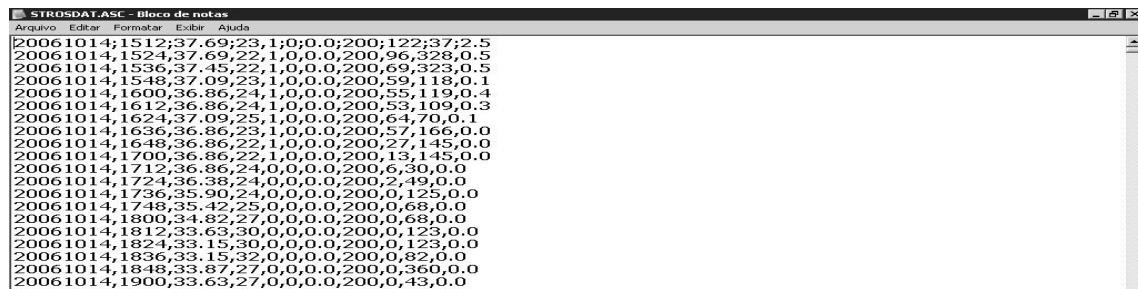


Figura 1: Arquivo gerado por *software* do fabricante.

Baseado na necessidade de melhor manipulação e acessibilidade, foi possível fazer com que os arquivos “.dat” fossem lidos e identificada a ordem dos dados, de maneira que cada dado do arquivo separado por vírgula representasse um campo de um registro dentro de uma tabela de dados no banco de dados. Como resultado, as informações geradas são armazenadas de forma relacional (ELMASRI e NAVATHE, 2005), no banco de dados situado no servidor.

Como último componente da arquitetura, desenvolveu-se a interface com o usuário. Uma vez que os dados estejam sendo controlados por um SGBD em um servidor, é possível que o usuário possa acessá-los diretamente através de qualquer computador que esteja conectado à Internet. Para isso realizou-se um levantamento de requisitos junto a técnicos e pesquisadores da Embrapa Meio-Norte acerca dos principais elementos climáticos utilizados com maior frequência numa determinada pesquisa científica e/ou outras atividades agrícolas, sendo eles: temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, chuva, velocidade do vento, direção do vento e evapotranspiração. Com estas informações levantadas, elaborou-se um algoritmo computacional que fosse responsável pela comunicação entre os usuários e o banco de dados agrometeorológico. Com o uso das linguagens PHP e HTML (HyperText Markup Language) - que é uma linguagem de marcação utilizada para produzir [páginas na Web](#) (W3C, 2008) - implementou-se o acesso ao repositório de dados.

A elaboração da interface de consulta foi concebida de acordo com as recomendações do W3C (WORLD WIDE WEB CONSORTIUM), que visa ao desenvolvimento de tecnologias, especificações, guias, *software* e ferramentas para conduzir os desenvolvedores, de forma a aplicar melhores técnicas e obter, de maneira proveitosa, todo o potencial da *web*. Além disso, funciona como um fórum para informação, comércio, comunicação e distribuição do conhecimento sobre a *web* (WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, 2008).

### 3 Resultados e discussão

A Figura 2 apresenta a forma como os componentes arquiteturais foram relacionados. A linha pontilhada marca a fronteira do sistema *web* e distingue seu contexto dos elementos externos. Tal arquitetura comporta três partes principais: i) estações agrometeorológicas automáticas instaladas em diferentes regiões do Estado (item 1); ii) *software* dos fabricantes do equipamento, instalados em terminal com o sistema operacional *Windows* (item 2); iii) sistema *web* para recebimento e envio dos dados para o servidor através da Internet. Contudo, as informações poderão ser acessadas pelos usuários através de interface disponível em sítio da instituição (itens 3, 4 e 5).

Os itens 3, 4 e 5 representam o trabalho específico do SADI-AGROMET (Sistema para Aquisição e Disseminação de Informações AgroMeteorológicas), que visa buscar os dados coletados pelos *softwares* dos fabricantes das estações, no terminal *Windows*. Esta possui os dados climáticos em formato com legibilidade, organização e manipulação defasadas, onde o resultado da coleta de dados no terminal gera um arquivo texto, separado por vírgula (Fig. 1). O SADI-AGROMET lê o arquivo texto, trata seus dados e insere estas informações na base de dados hospedada em um servidor remoto.

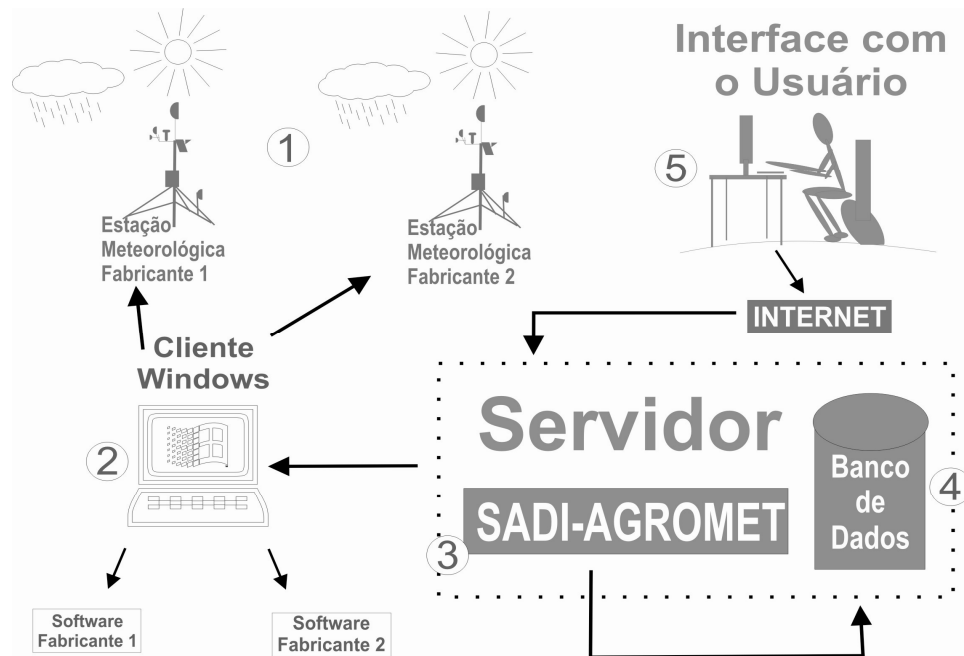


Figura 2: Comunicação entre os componentes da arquitetura

A partir da arquitetura em questão, modelou-se um banco de dados relacional que tem como finalidade manter de forma organizada a gama de dados climatológicos das estações automáticas que ora são reunidos, onde para cada estação foram definidos: nome único, código único e seus atributos foram armazenados em tuplas (registros) de dados dentro de uma relação. Na Figura 3 este conjunto de informações foi relacionado ao posto de coleta de origem, sendo definido, para cada estação automática: código do Estado e código do Município. Isto baseou-se no modelo relacional que representa o banco de dados como uma coleção de relações. Assim, quando uma relação é pensada como uma tabela de valores, cada linha na tabela representa uma coleção de valores de dados relacionados. Neste modelo, cada linha na tabela representa um fato que corresponde a uma entidade ou relacionamento do mundo real. O nome da tabela e os nomes das colunas são usados para ajudar na interpretação do significado dos valores em cada linha. Na terminologia do modelo relacional formal, uma linha é chamada tupla, um cabeçalho de coluna é conhecido com um atributo, e a tabela é chamada relação (ELMASRI e NAVATHE, 2005).

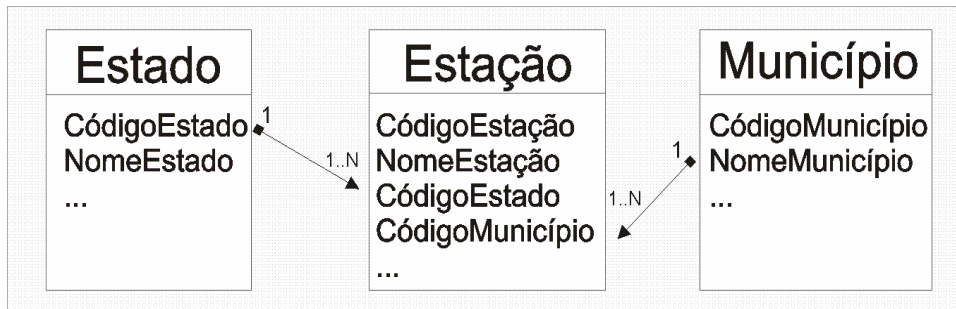


Figura 3: Relacionamento entre as tabelas Estado-Estação-Município no banco de dados.

Ao desenvolver o sistema *web* levou-se em consideração um conjunto de tomada de decisões, ressaltando-se a importância dos requisitos arquiteturais que motivaram e justificaram tais decisões. E foram englobadas metas de qualidade desejadas ao sistema no decorrer do seu desenvolvimento (MENDES, 2002). Pois o foco deste trabalho foi organizar uma rede de estações agrometeorológicas, inicialmente formada por cinco estações automáticas, que têm a capacidade de fornecer dados a cada 30 minutos a um servidor na Internet, sendo este responsável por disponibilizar os dados de forma simultânea aos seus usuários. Além disso, desenvolveu-se uma base de dados que visa receber os dados climáticos oriundos de regiões que foram selecionadas no Estado do Piauí (Distritos de Irrigação), bem como, a criação de uma interface para que os usuários pudessem acessar os dados afim de serem auxiliados na tomada de decisões relativas ao manejo racional da irrigação.

O produto de *software* gerado tem o propósito de coleta, tratamento, organização, integração e disseminação dos dados meteorológicos. Para validação desta tecnologia desenvolvida com base na arquitetura proposta comparou-se resultados de economia de água e produtividade das culturas em parcelas com o uso do manejo de irrigação em tempo real, com os alcançados em parcelas que empregavam o sistema tradicional de manejo dos irrigantes (QUÍÑONES ET AL., 1999) e, provavelmente, os resultados desta validação só poderão ser obtidos a partir do terceiro ano, uma vez que os dois primeiros anos iniciais serão dedicados apenas à geração das tecnologias.

#### 4 Conclusões

A arquitetura apresenta resultados eficientes no que diz respeito à integração das informações climáticas do Estado do Piauí, bem como sua disponibilização via Internet. Com o uso dessa arquitetura, pode-se gerar informações precisas para subsidiar o uso racional da água de irrigação nas diferentes áreas do Estado.

#### Agradecimentos

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de iniciação científica; à Embrapa Meio-Norte, pelo caso de uso dado para o desenvolvimento do sistema; em especial, à toda equipe do departamento de pesquisa e desenvolvimento em irrigação do CPAMN.

#### Referências

ANDRADE JÚNIOR, A. S. *Macroprograma 3: desenvolvimento tecnológico incremental: anexo da proposta manejo de irrigação em tempo real na região meio-norte do Brasil*. Terezina: Embrapa, 2006. (Embrapa Meio-Norte – chamada Edital (ex.: 01/2006): 09/2006 AGROFUTURO).

CAMPBELL SCIENTIFIC INC. *On-line measurement of potential evapotranspiration with the Campbell scientific automated weather station*. Logan: Campbell Scientific, 1993.

CRADDOCK, E. The California irrigation management information system (CIMIS). In: HOFFMAN, G. J.; HOWELL, T. A.; SOLOMON, K. H. (Ed.). *Management of farm irrigation systems*. St. Joseph: ASAE, 1990. p. 931-941.

DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J. *Java como programar*. 4. ed. Tradução de Carlo Arthur Lang Lisboa. Porto Alegre: Bookman, 2003.

ELLIOT, R. L. et al. Configuration decision for an automated weather station network. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v. 10, n. 1, p. 45-51, 1994.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. *Sistemas de banco de dados*. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2005.  
EMBRAPA. *Diagnóstico e prioridades de pesquisa em agricultura irrigada: região Nordeste*. Brasília, DF: DPL, 1989. (Embrapa - DPL. Documentos, 9).

FREEBSD FOUNDATION. *Documentação*. Disponível em: <<http://www.freebsd.org/>>. Acesso em: 23 jan. 2008.

FREEBSD PROJECT. *Características do" FreeBSD*. Disponível em: <<http://www.freebsd.org/>>. Acesso em: 23 jan. 2008.

GARLAN, D.; PERRY, D. Introduction to the special issue on software architecture. *IEEE Transactions on Software Engineering*, New York, p. 269-274, Apr. 1995.

GIANNERINI, G. Renana: a model for irrigation scheduling employed on a large scale. In: PEREIRA, L. S. et al. (Ed.). *Crop-water-simulation models in practice*. Wageningen: Wageningen Press, 1995. p. 17-25.

MELO, A. C. *Desenvolvendo aplicações com a UML 2.0: do conceitual à implementação*. 2. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

MENDES, Antônio. *Arquitetura de software: desenvolvimeno orientado para arquitetura*. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

MUHAMMAD, A.; LOFTIS, J. C.; HUBBARD, K. G. Application of geostatistics to evaluate partial weather station networks. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v. 84, p. 255-271, 1997.

MYSQL AB. *Manual de referência do Mysql 4.1*. Tradução do manual oficial. Disponível em: <<http://dev.mysql.com/doc/mysql/en/>>. Acesso em: 19 jan. 2008.

PHP GROUP. *PH: hypertext preprocessor*. Disponível em: <<http://www.php.net/>>. Acesso em: 21 jan. 2008.

SOUSA, V.; PEREIRA, L. S. Regional analysis of irrigation water requirements using kriging: application to potato crop (*Solanum tuberosum* L.) at Trás-os-Montes. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v. 40, p. 221-233, 1999.

WIKIPÉDIA PROJECT. *Servidor de rede*. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Servidor>>. Acesso em: 24 jan. 2008.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM (W3C). *HTML*. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/1999/REC-html401-19991224/>>. Acesso em: 23 jan. 2008b.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM (W3C). **Uniform resource locator**. Disponível em: <<http://www.w3.org/Addressing/URL/url-spec.txt>>. Acesso em: 23 jan. 2008a.

## **SOBRE OS AUTORES**

### **Aldo Jean Soares Silva**

Graduado em Tecnologia em Sistemas para Internet, tem experiência na área de Sistemas de Informação, com ênfase em aplicações móveis e bancos de dados web. Atualmente é bolsista IC - CNPq / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte (Embrapa Meio-Norte), onde realiza atividades para desenvolvimento de plataforma de comunicação e integração de dados de estações climáticas no Estado Piauí, utilizando as seguintes tecnologias: Java (JSE, JME e JSP), Ruby e PHP. Bancos de dados: Mysql, Postgrees e Sql Server.

### **Aderson Soares de Andrade Júnior**

Graduado em Agronomia, pela Universidade Federal do Piauí (1987); Mestrado em Agronomia (Irrigação e Drenagem), pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP Botucatu (1994) e Doutorado em Irrigação e Drenagem, pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) - Universidade de São Paulo (2000). Atualmente, é pesquisador A, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte (Embrapa Meio-Norte). Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Irrigação e Drenagem, atuando, principalmente, nas

seguintes linhas de pesquisa: manejo de irrigação e fertirrigação, agrometeorologia, planejamento de irrigação e zoneamento agrícola.

**Fábio Ricardo Marin**

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade de São Paulo, mestrado e doutorado em Agronomia (Física do Ambiente Agrícola) pela Universidade de São Paulo. Atualmente é pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária e atua como docente na Pontifícia Universidade Católica de Campinas e no PPG em Física do Ambiente Agrícola da ESALQ. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Agrometeorologia, atuando principalmente nos seguintes temas: previsão de safras, zoneamento agrícola, modelagem e micrometeorologia.